

Docket No. 208536US2/mmc

3562
#4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Christian Francois M. DUJARRIC

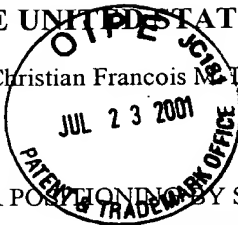
GAU: 3662

SERIAL NO: 09/852,729

EXAMINER:

FILED: May 11, 2001

FOR: METHOD FOR POSITIONING BY SATELLITES



RECEIVED

JUL 24 2001

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

TO 3600 MAIL ROOM

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
FRANCE	00 06369	May 12, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

04/852/164



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

RECEIVED

JUL 24 2001

TO 3600 MAIL ROOM

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 MAI 2001

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI


cerfa
N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 12 MAI 2000 LIEU 75 INPI PARIS F N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0006369 DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 12 MAI 2000		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet THIBON-LITTAYE 11 rue de l'Etang 78160 MARLY LE ROI	
Vos références pour ce dossier AG05-017 B (facultatif)			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	
		Date / /	
		Date / /	
		Date / /	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET SYSTEME DE LOCALISATION PAR SATELLITES			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation N° Date / / Pays ou organisation N° Date / / Pays ou organisation N° Date / / <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		AGENCE SPATIALE EUROPEENNE	
Prénoms		Organisation intergouvernementale	
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse		8-10 rue Mario Nikis	
Rue		75738 PARIS Cédex 15	
Code postal et ville		FRANCE	
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU 12 MAI 2000 75 INPI PARIS F N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0006369		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		AG05-017 B	
6 MANDATAIRE			
Nom		THIBON-LITTAYE	
Prénom		Annick	
Cabinet ou Société		THIBON-LITTAYE	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	11 rue de l'Etang	
	Code postal et ville	78160 MARLY LE ROI	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 39 17 34 50	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 39 58 60 13	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)  Annick THIBON-LITTAYE (C 78160 MARLY-LE-ROI)		A THIBON - LITTAYE Ingénieur-Consultant en Propriété Industrielle 11, rue de l'Étang F 78160 MARLY-LE-ROI	
		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

Vos références pour ce dossier (facultatif)		AG05-017 B	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL			
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCÉDE ET SYSTÈME DE LOCALISATION PAR SATELLITES			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
AGENCE SPATIALE EUROPEENNE Représentée par : Annick THIBON-LITTAYE Cabinet THIBON-LITTAYE 11 rue de l'Étang 78160 MARLY LE ROI			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages):			
Nom		DUJARRIC	
Prénoms		Christian François Michel	
Adresse	Rue	52 rue Michel Ange	
	Code postal et ville	75016	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 12 Mai 2000 Par procuration Annick THIBON-LITTAYE (CPI 921237) A. THIBON - LITTAYE Ingénieur-Consell en Propriété Industrielle 11 rue de l'Étang F 78160 MARLY-LE-ROI	

La présente invention a pour objet un procédé de localisation par satellites. Elle a également pour objet un système de localisation par satellites comportant tous moyens propres à la mise en oeuvre de ce procédé. Ce système est à rapprocher d'un système de navigation par satellites tel que le système GPS, dans la mesure où il comporte une constellation de satellites délivrant des signaux de localisation sous le contrôle d'un ensemble de stations terrestres. Il est toutefois conçu pour autoriser un contrôle sélectif des utilisateurs qui exploitent ces signaux pour déterminer chacun sa localisation propre, dans le temps et dans l'espace, et pour apporter une qualité de service déterminée, impliquant avantagement des garanties de disponibilité des signaux et/ou de précision de l'information de position calculée à partir d'eux, en permettant de réserver l'exploitation des signaux correspondants à des utilisateurs spécialement sélectionnés tout en privant les autres utilisateurs de cette exploitation.

Les systèmes de navigation par satellites à l'échelle du globe de type connu, et plus particulièrement le système dit GPS (pour "Global Positioning System"), comprennent, comme montré à la figure 1 placée à la fin de la présente description, une constellation de satellites 1, en orbite autour de la terre, qui sont en communication avec des stations terrestres de contrôle 2, pour mettre des signaux de navigation à la disposition de récepteurs d'utilisateurs 3.

Les différents satellites 1 sont synchronisés entre eux par les stations de contrôle 2, elles-mêmes reliées entre elles. Ces stations calculent les paramètres d'orbite des satellites et les leur transmettent, comme symbolisé par la flèche 4, par l'intermédiaire des stations 2.

Les signaux émis par les satellites 1 comprennent pour l'essentiel des données de positionnement et de temps. Comme schématiquement illustré par la flèche 5, un récepteur d'utilisateur 3 captant ces signaux de localisation tels qu'émis par au moins quatre satellites distincts en déduit le temps exact et sa position exacte par

rapport aux satellites 1 à l'instant de la mesure et, de là, sa position absolue par rapport à un référentiel terrestre quelconque.

En pratique, du moins pour le système américain GPS, la précision sur l'information de position obtenue peut être à tout moment limitée à une centaine de mètres par un brouillage des signaux volontairement imposé par les autorités militaires américaines, et même quand la précision disponible est de l'ordre d'une dizaine de mètres pour les utilisateurs civils, elle reste inférieure à celle disponible aux utilisateurs militaires.

Il a également été proposé d'adjoindre à ces systèmes des satellites géostationnaires 6 pouvant en outre relayer directement (flèches 7, 8) des informations délivrées par les stations de contrôle terrestres 2 vers les récepteurs d'utilisateurs 3.

Enfin, le système peut aussi comporter des stations terrestres "pseudolites" 9, c'est-à-dire des stations terrestres dont la position est connue avec précision dans un environnement local et qui, à l'égard d'un utilisateur arrivant à proximité, se comportent schématiquement comme un satellite. Ces stations permettent, par des mesures différentielles, d'augmenter localement la précision du positionnement jusqu'à moins de dix mètres, ceci pour des utilisateurs non militaires. Il s'agira, par exemple, d'une station à proximité d'une piste d'atterrissage recevant les signaux de navigation (ou signaux de localisation) émis par les satellites pour déterminer une erreur éventuelle de positionnement que le récepteur d'utilisateur devra corriger, et relayer l'information à ce dernier.

Un défaut majeur des systèmes de navigation par satellites est que les utilisateurs ne peuvent compter sur aucune garantie quant à la qualité du service offert, ni en ce qui concerne la précision des informations reçues, ni en ce qui concerne la disponibilité même des signaux. En effet, les récepteurs nécessaires à l'exploitation des signaux émis par les satellites sont librement disponibles sur le marché, si bien qu'en temps normal, le système est utilisable par quiconque possède un tel récepteur, sans qu'il soit possible de vérifier quel usage en est fait. Il en résulte que l'on peut toujours craindre qu'un gestionnaire du système modifie son

fonctionnement, ou aille même jusqu'à l'interrompre complètement, comme pourraient le faire, par exemple, les forces armées en temps de crise, sans plus se contenter de se réserver une précision accrue par rapport aux utilisateurs civils.

5 Une disponibilité assurée du signal avec une précision connue supérieure à 10 mètres serait toutefois actuellement nécessaire, hors le domaine militaire, pour bien des activités professionnelles, telles que l'atterrissage des avions dans de
10 les ports ou les eaux peu profondes. Les systèmes de navigation par satellites connus ne peuvent pas satisfaire ces utilisateurs. En conséquence, l'utilisation d'un système tel le système GPS existant par exemple, n'est actuellement pas admissible comme unique moyen de navigation pour des opérations présentant un caractère
15 critique sur le plan de la sécurité. Une utilisation limitée n'est permise qu'avec le soutien de moyens de navigation classiques.

 De l'absence d'une assurance de disponibilité des signaux ainsi que de l'absence d'une précision garantie (elle est variable et
20 inconnue de l'utilisateur), il résulte aussi des inconvénients d'ordre économique. En effet, le système GPS ne prévoit pas qu'il soit possible de faire payer l'utilisation du service. Cela résulte en outre du fait qu'il n'est pas possible de savoir qui utilise le système.

 Enfin, même pour les utilisateurs militaires, la protection contre les accès non autorisés dépend largement du degré de
25 protection des récepteurs militaires et des codes d'accès. Il n'est pas possible de savoir si ces codes n'ont pas été violés et si des utilisateurs non autorisés n'utilisent pas le système à l'aide de ces codes violés.

 La présente invention vise à pallier les inconvénients des
30 procédés et systèmes de navigation par satellites tels ceux qui viennent d'être rappelés en prenant comme exemple le système américain GPS. Elle consiste essentiellement pour cela à définir une catégorie spéciale d'utilisateurs privilégiés, auxquels est réservé un privilège d'accès à un service de qualité spécifique se traduisant
35 notamment par une sécurité de disponibilité de signaux de

localisation qu'ils sachent interpréter. Elle prévoit les moyens nécessaires pour que ces utilisateurs privilégiés puissent avoir accès à l'exploitation des signaux de localisation diffusés par la constellation de satellites, à la condition toutefois d'avoir reçu une

5 clef d'exploitation valant ordre d'autorisation d'accès spécialement élaborée à leur intention. Elle prévoit aussi de permettre à un gestionnaire du système de surveiller que l'utilisation du système par les utilisateurs ainsi autorisés reste conforme à des conditions prédéterminées. De telles conditions peuvent être notamment celles

10 de respecter un plan de route, éventuellement intégré dans une mission plus complète, qui pour chaque utilisateur, est déclaré au gestionnaire du système puis pris en compte chaque fois que cet utilisateur sollicite d'utiliser son privilège d'accès, avantageusement par une requête qu'il émet périodiquement à destination d'une

15 station terrestre en guise d'appel à connaître la clef d'exploitation du moment, adaptée à sa situation particulière et à ses droits.

L'invention a ainsi notamment pour objet un procédé de localisation par satellites, à mettre en oeuvre dans une installation de navigation comportant une constellation de satellites en orbite

20 autour de la Terre émettant des signaux de localisation sous le contrôle d'un ensemble de stations terrestres dont ils reçoivent des signaux de contrôle, ces signaux de localisation étant disponibles pour être captés par des récepteurs d'utilisateur, caractérisé par le fait que ledit procédé consiste essentiellement :

25 - à émettre depuis ledit ensemble de stations terrestres des fonctions de transformation directes, périodiquement renouvelées, respectivement adressées à chacun des satellites, et faire appliquer par chaque satellite la fonction de transformation directe qu'il reçoit pour coder le signal de localisation qu'il émet ;

30 - et, à chaque requête d'un récepteur d'utilisateur adressée à une station terrestre, à vérifier que l'utilisateur possède un statut d'utilisateur privilégié et, dans le cas où la vérification est positive, adresser audit récepteur d'utilisateur les fonctions de transformation inverses des fonctions de transformation directes appliquées par les

35 satellites dont il capte les signaux de localisation, pour lui permettre

l'exploitation desdits signaux localisation en assurant leur décodage par application desdites fonctions inverses.

5 Dans le cadre de ce procédé, l'ensemble des fonctions de transformation inverses utiles à un instant déterminé au récepteur d'utilisateur privilégié considéré, en fonction notamment de sa situation, constitue ce que l'on appelle ici une clef d'exploitation des signaux de localisation, et la "requête" ci-dessus représente un appel à se faire communiquer cette clef pour pouvoir l'appliquer aux signaux de localisation qu'il reçoit, en interprétation de leur forme
10 codée, c'est-à-dire "transformée" par les fonctions de transformation directes.

On observera que dans la définition qui précède, on n'entend pas par "périodiquement" que les opérations concernées se répètent à intervalles de temps réguliers. Au contraire, la durée de
15 validité de chaque fonction de transformation sera de préférence variable, le cas échéant de manière aléatoire.

On observera d'autre part que la notion de "navigation" n'implique pas obligatoirement qu'il y a déplacement effectif du récepteur utilisateur de tout utilisateur privilégié. Le procédé selon
20 l'invention est en effet tout à fait applicable, par exemple, dans le domaine de la recherche et de l'exploitation pétrolière, aux navires ou plates-formes semi-submersibles à positionnement dynamique.

L'invention a également pour objet un système de localisation dans un système sécurisé d'aide à la navigation,

25 comprenant une constellation de satellites en orbite autour de la Terre, comportant chacun des moyens d'émission de signaux de localisation déduits de signaux de contrôle qu'ils reçoivent d'un ensemble de stations terrestres également en communication entre elles,

30 caractérisé en ce que, pour au moins un récepteur d'utilisateur comportant des moyens d'acquisition desdits signaux de localisation en vue de leur exploitation pour le calcul d'une information de position, ledit récepteur d'utilisateur comprend en outre des moyens d'émission pour émettre, à destination dudit ensemble de stations

terrestres, une requête d'appel à recevoir une clef d'exploitation qui lui est nécessaire pour bénéficier d'un privilège réservé d'exploitation desdits signaux de localisation,

et en ce que ledit ensemble de stations terrestres comporte au moins une station dite de services aux utilisateurs comportant des moyens de réception pour recevoir ladite requête, des moyens de calcul pour vérifier, à partir de ladite requête, si l'utilisateur possède un statut d'utilisateur privilégié lui donnant droit audit privilège, et des moyens d'émission pour, dans le cas où la vérification est positive, adresser audit récepteur ladite clef d'exploitation.

Pour l'exploitation des signaux de localisation perçus des satellites, chaque récepteur d'utilisateur privilégié comprend alors des moyens de réception de la clef d'exploitation que lui adresse la station de services en réponse à sa requête et des moyens de calcul pour combiner les signaux de localisation transformés reçus des satellites avec ladite clef d'exploitation pour en déduire l'information sur sa position.

Suivant une autre caractéristique propre à l'invention, le système comporte, au niveau d'une station maîtresse parmi l'ensemble de stations de contrôle de la constellation de satellites :

des moyens pour générer les fonctions de transformation directes à appliquer par les satellites dans l'élaboration des signaux de localisation et les adresser aux différents satellites auxquels elles sont respectivement destinées, en plus des signaux de contrôle usuels que sont notamment leurs paramètres d'orbite et des informations de synchronisation,

ainsi que des moyens pour calculer les fonctions de transformation inverses des précédentes et pour les diffuser aux différentes stations de services aux utilisateurs que peut comporter le système, aux fins d'élaboration et transmission de la clef d'exploitation nécessaire à chaque utilisateur qui présente requête à cet effet, sous réserve de la vérification qu'il ait droit au statut d'utilisateur privilégié.

L'invention s'étend bien entendu aux dispositifs et appareillages qui comportent des moyens appropriés en vue de leur utilisation dans un système de navigation par satellites permettant la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention tel que déjà défini, 5 pouvant impliquer des utilisateurs privilégiés dans au moins une zone géographique couverte par le système.

Ainsi, l'invention a notamment encore pour objet un récepteur d'utilisateur caractérisé par le fait qu'en plus de moyens d'acquisition de signaux de localisation depuis une pluralité de 10 satellites à sa portée, il comporte des moyens d'émission pour émettre, à destination d'une station terrestre de services aux utilisateurs, une requête appelant une clef d'exploitation desdits signaux de localisation, ladite clef se matérialisant par des fonctions de transformation inverses de fonctions de transformation directes 15 appliquées respectivement par les différents satellites à sa portée pour l'émission des signaux de localisation correspondants, et en qu'il comporte en outre des moyens de calcul pour traiter lesdits signaux de localisation ayant subi les fonctions de transformation directes en leur appliquant les fonctions inverses correspondantes 20 résultant de ladite clef d'exploitation et pour en déduire une information de position obtenue par exploitation desdits signaux de localisation.

Il est à noter que le système suivant l'invention n'est pas nécessairement en permanence en fonctionnement dans les 25 conditions d'application du procédé qui réservent l'accès au calcul de l'information de position aux utilisateurs privilégiés. Au contraire, on prévoit avantageusement, dans la pratique, que le système soit amené à fonctionner en alternance selon plusieurs modes différents.

On peut prendre ici comme exemple typique, le cas où des 30 circonstances extérieures au système proprement dit justifient une situation de crise militaire par opposition à une situation que l'on peut dire de temps de paix. En temps de paix, la fonction de transformation sera avantageusement égale à la fonction "identité", et les signaux de localisation seront accessibles à tous et 35 interprétables par tout récepteur de manière à calculer l'information relative à sa position. Le statut d'utilisateur privilégié se distingue

toutefois par une garantie de disponibilité du service et par l'accessibilité à des services supplémentaires (droit à se faire délivrer une garantie du degré de précision par exemple). En cas de crise militaire, le système fonctionnera en mode protégé et les
5 fonctions de transformation seront différentes de l'identité et avantageusement choisies de façon aléatoire.

Dans un mode de mise en oeuvre préféré de l'invention, le procédé comprend :

- une étape préalable d'enregistrement d'une déclaration de
10 mission comportant au moins un plan de route à suivre par l'utilisateur, et

- chaque requête d'un récepteur d'utilisateur incluant une copie des derniers signaux de localisation reçus par le récepteur (ces derniers restant avantageusement sous leur forme transformée par
15 la fonction de transformation directe du satellite dont chacun est issu),

- l'étape de vérification du statut d'utilisateur privilégié comprend les sous-étapes consistant à décoder les signaux de localisation transformés inclus dans la requête (en leur appliquant
20 les fonctions de transformation inverses appropriées), à en déduire la position du récepteur d'utilisateur et à vérifier que cette position est conforme au plan de route déclaré.

Le procédé selon l'invention peut également comprendre une étape préalable de facturation de l'utilisateur bénéficiant du
25 statut d'utilisateur privilégié, en contrepartie de la fourniture de la clef d'exploitation et de la qualité de service qui lui seront assurées pendant sa mission.

En outre, dans un mode de réalisation particulier, le procédé selon l'invention comprend une étape préalable consistant à
30 fournir un identificateur à l'utilisateur lors d'une déclaration de mission par cet utilisateur ou en son nom. L'identificateur assigné à chacun des différents récepteurs d'utilisateurs privilégiés en navigation est alors diffusé aux différentes stations de services aux utilisateurs auprès desquelles il est susceptible d'adresser une
35 requête d'appel à recevoir la clef d'exploitation.



Conformément à un autre mode de mise en œuvre particulier, qu'il est en outre avantageux de mettre en oeuvre en combinaison avec le précédent, le procédé selon l'invention comprend une étape préalable consistant à fournir un code de cryptage au récepteur d'utilisateur privilégié lors de sa déclaration de mission, et ensuite, tout au long du déroulement de la mission déclarée, ce code de cryptage est utilisé par la station de services aux utilisateurs qui reçoit une requête de cet utilisateur pour élaborer et lui envoyer la clef d'exploitation qui lui est nécessaire pour exploiter les signaux de localisation.

Un tel code de cryptage peut aussi être avantageusement mis à profit de manière à permettre une authentification des signaux reçus par l'utilisateur en provenance des stations terrestres, consistant par exemple, à effectuer au niveau du récepteur d'utilisateur une comparaison entre le code de cryptage qui lui a été assigné (et qu'il connaît) et le signal porteur de la clef d'exploitation reçue du sol (de la station de services aux utilisateurs) pour y vérifier la présence correcte d'un fragment spécifique accompagnant la clef d'exploitation.

Une autre méthode avantageuse d'assurer une vérification d'authenticité et d'intégrité des signaux de localisation exploités consiste à faire effectuer, par le récepteur d'utilisateur privilégié, une comparaison entre les signaux reçus des satellites et les signaux reçus de la station de services traitant ladite requête, pour y vérifier la présence d'un même fragment spécifique accompagnant respectivement le signal de localisation émis par chaque satellite et la clef d'exploitation adressée au récepteur d'utilisateur en réponse à sa requête.

Suivant encore d'autres caractéristiques de l'invention, le procédé comprend en outre les étapes consistant à :

inclure dans chaque requête appelant la clef d'exploitation émise par le récepteur d'utilisateur une copie des derniers signaux de localisation reçus par ledit récepteur,

faire décoder au niveau des stations terrestres les signaux de localisation transformés inclus dans la requête (par transformation inverse) et en déduire la position du récepteur,

calculer un degré de précision desdits signaux de localisation
5 en fonction de cette position et/ou de l'état de fonctionnement opérationnel du système,

et adresser audit récepteur l'information du degré de précision ainsi calculé.

Le procédé peut également présenter les caractéristiques
10 avantageuses suivant lesquelles :

chacune des requêtes appelant la clef d'exploitation émanant d'une pluralité de récepteurs d'utilisateurs inclut une copie des derniers signaux de localisation reçus par les récepteurs,

les signaux de localisation inclus dans chaque requête sous
15 leur forme codée par application des fonctions de transformation directes sont décodés au niveau de stations terrestres de services aux utilisateurs par application des fonctions de transformation inverses correspondantes, pour en déduire les positions des récepteurs d'utilisateurs,

20 et les positions ainsi calculées sont communiquées à un service gestionnaire du système en vue d'exercer un contrôle de trafic et/ou d'adresser un avertissement à certains au moins desdits récepteurs de ladite pluralité, par exemple en cas de risque de collision avec un autre, le cas échéant un tiers non privilégié.

25 Avantageusement, le procédé selon l'invention consiste en outre à prévoir plusieurs classes ou catégories d'utilisateurs privilégiés, se distinguant l'une de l'autre par le degré de précision des informations de localisation garanties et/ou par les services complémentaires assurés. Dans ce but, on peut notamment prévoir,
30 conformément à l'invention, une clef d'exploitation de base délivrée à tout utilisateur ayant droit au moins à un premier privilège, par exemple un premier degré de précision dans l'exploitation des signaux de localisation, et une clef d'exploitation complémentaire livrant accès à une qualité de service de niveau supérieur,
35 notamment par un meilleur degré de précision, réservé aux



utilisateurs bénéficiant d'une second privilège. Les deux clefs peuvent être portées par un même signal, qui est élaboré plus ou moins complet par la station de services traitant la requête de l'utilisateur en fonction de la nature ou de l'importance du privilège
5 auquel il a droit, de sa situation du moment, ou de circonstances environnantes. A titre d'exemple, la clef de base sera destinée aux utilisateurs civils privilégiés, tels des avions de lignes transportant des passagers, par distinction avec des véhicules routiers n'ayant pas besoins des mêmes garanties, alors que la clef complémentaire
10 sera réservée aux utilisateurs militaires.

Il ressort de ce qui précède que pour la plupart des perspectives d'application de l'invention, il est préférable que la requête appelant à recevoir la clef d'exploitation comprenne une copie des signaux de localisation que le récepteur d'utilisateur capte
15 à chaque instant, tels qu'ils lui parviennent des différents satellites de la constellation.

Ces signaux recopiés servent en particulier au réseau terrestre à déterminer la position de l'utilisateur, à des fins de surveillance et/ou pour mieux l'assister pendant son parcours sous
20 couverture du système. A chaque requête, la station terrestre de services se trouvant en communication avec le récepteur de l'utilisateur considéré traite pour cela ces signaux recopiés en leur appliquant, conformément à la clef d'exploitation, les fonctions de transformation inverses des fonctions directes en cours de validité
25 dans les différents satellites émetteurs. Les fonctions pertinentes sont en effet connues des stations de services, celles-ci en recevant régulièrement communication depuis la station maîtresse qui les calcule.

Le traitement visant à déterminer la position de l'utilisateur
30 est effectué en particulier aux fins de reconnaissance du statut d'utilisateur privilégié ou de toute surveillance similaire. Il est donc avantageux que les récepteurs, du moins ceux d'utilisateur privilégié, soient construits de manière à renouveler automatiquement l'envoi de la requête d'appel à recevoir la clef
35 d'exploitation sous une périodicité déterminée, dans la mesure où la

recopie des signaux de localisation est incluse dans le signal de requête.

Par la même procédure, on peut aussi assurer une surveillance des utilisateurs même quand le système fonctionne en mode non protégé, c'est-à-dire lorsque les signaux de localisation sont interprétables par les récepteurs d'utilisateurs non privilégiés aussi bien que par les récepteurs d'utilisateurs privilégiés. On peut en effet prévoir d'équiper les récepteurs d'utilisateurs non privilégiés pour effectuer périodiquement une recopie des signaux de localisation, alors même qu'ils n'émettent aucune requête en vue d'une clef d'exploitation, afin de permettre en toutes conditions une surveillance de trafic de tous les utilisateurs.

De préférence, le procédé suivant l'invention comprend les étapes consistant à faire acquérir de nouveau des signaux de localisation, depuis ladite pluralité de satellites, par le récepteur d'utilisateur, après réception de la clef d'exploitation, matérialisée par l'ensemble des fonctions de transformation inverse pertinentes, et à faire appliquer ces dernières aux signaux de localisation nouvellement acquis pour en déduire une nouvelle information de position. Cette étape supplémentaire permet d'éviter que le déplacement du récepteur pendant le temps de propagation des signaux et de traitement des requêtes ne vienne diminuer la précision de l'information de position.

La présence des signaux de localisation recopiés dans le signal de requête est également avantageusement mise à profit, conformément à l'invention, pour parfaire la sécurité des utilisateurs privilégiés et mieux leur garantir la fiabilité du système auquel ils adhèrent, en procédant, chaque fois qu'une telle requête est émise et traitée, à une étape d'authentification des signaux de localisation acquis que l'on effectue comme il a déjà été indiqué ci-dessus, afin de s'assurer que ces signaux n'ont pas été manipulés de façon malveillante par un étranger au gestionnaire du système.

On décrira maintenant plus en détails les caractéristiques des différentes formes de mise en oeuvre de l'invention, en se référant à un mode de réalisation pratique particulier.

Soulignons ici que le système de l'invention peut aisément être construit en tous ses éléments de manière à assurer la compatibilité des équipements avec un système de navigation existant, tel le système GPS. Dans le cas d'un système mixte
5 comprenant des satellites actuels et des satellites suivant l'invention, il serait toutefois préférable, pour le mode de fonctionnement en mode protégé, que la fonction de localisation soit dévolue aux seuls satellites selon l'invention, car les satellites GPS existants imposent des restrictions au choix des fonctions de
10 transformation (les fonctions de transformations peuvent seulement être, pour eux, un décalage arbitraire de l'horloge interne de chaque satellite de la constellation GPS, ou à défaut la fonction identité).

Soulignons également que, bien que la gestion des fonctions de transformation doive s'effectuer de façon globale par la
15 station maîtresse de contrôle des satellites, la gestion du contrôle des utilisateurs et la délivrance des clefs d'exploitation peut s'effectuer de façon régionale. En conséquence, par exemple, la reconnaissance par un pays du statut d'un utilisateur privilégié peut se limiter aux frontières et environs de ce pays, les stations de
20 services situées dans un autres pays pouvant appliquer d'autres critères d'éligibilité.

Chaque satellite de navigation élabore son signal de localisation comme dans les systèmes de navigation par satellites connus, en particulier en ce qui concerne son temps de référence
25 interne et ses paramètres d'orbite, ces données lui étant communiquées dans les signaux de contrôle qu'il reçoit des stations terrestres. Lorsque le système selon l'invention fonctionne en mode de fonctionnement dit protégé (mettant en oeuvre le procédé à clef d'exploitation réservée à des utilisateurs privilégiés), ces données
30 sont transformées, avant leur émission par le satellite, par une fonction de transformation T_i , i étant un numéro d'ordre attribué au satellite considéré.

Cette fonction de transformation peut être soit une fonction de cryptage, qui peut être commune à tous les satellites, ou multiple
35 et propre à chaque satellite pour une meilleure protection, soit une transformation mathématique des données numériques à

transmettre. A titre d'exemple, une des fonctions de transformation les plus simples en conformité avec l'invention peut être un décalage arbitraire dans la référence de temps de chaque satellite de numéro d'ordre i , qui présente une valeur connue différente d'un satellite à l'autre, les autres données des signaux de contrôle demeurant inchangées.

Dans la pratique, la fonction de transformation T_i applicable à chaque satellite est générée périodiquement, à intervalles de temps réguliers ou variables de manière arbitraire, éventuellement aléatoire, et diffusée par un réseau terrestre sécurisé d'échange de données pour être envoyée au satellite concerné par la station terrestre de contrôle de la constellation de satellites la plus appropriée. Elle est générée à terre par la station maîtresse que comporte, de manière en elle-même connue, l'ensemble des stations terrestres de contrôle de la constellation de satellites.

La restitution par un récepteur d'utilisateur des données de navigation correctes nécessite la connaissance par le récepteur, pour chaque satellite à sa portée, de la fonction de transformation T_i^{-1} inverse de celle qui a été utilisée à l'émission par ce satellite. C'est l'ensemble des fonctions inverses qui sont ainsi nécessaires au récepteur que l'on a appelé ici la clef d'exploitation des signaux de localisation.

Les différentes fonctions de transformation inverse T_i^{-1} sont connues par la station maîtresse du système, et elles sont envoyées, par l'intermédiaire du réseau terrestre sécurisé d'échange de données déjà mentionné, à des stations terrestres dites ici de services aux utilisateurs (ou stations de services). Ces stations sont spécifiques au système selon l'invention, mais elles peuvent bien entendu consister en des unités particulières intégrées dans les stations terrestres ayant la fonction classique de contrôle de la constellation de satellites et/ou celles chargées de surveiller le trafic des utilisateurs. En outre, un lien radio bidirectionnel est disponible à tout instant entre l'utilisateur privilégié et au moins une station terrestre de services aux utilisateurs. Cette liaison est soit directe soit par l'intermédiaire d'un transpondeur, qui peut

avantageusement être placé à bord d'un satellite géostationnaire ou à bord de toute autre plate-forme.

Chaque fonction de transformation présente une durée de validité arbitraire, que le gestionnaire du système (illustré par la station terrestre maîtresse) peut faire varier soit de manière aléatoire, soit de manière déterminée, en cherchant notamment à réaliser un compromis entre la qualité de la sécurité et l'importance du trafic des communications que des modifications plus fréquentes impliquent. A titre d'exemple, cette durée de validité peut être de plusieurs heures en temps de paix et être ramenée à quelques dizaines de minutes quand un danger tel qu'un risque de conflit militaire apparaît. Elle fait partie d'une information relative à la période de validité de la fonction en question, qui comporte l'indication de ses horaires, en date de début et date de fin de validité. Cette période de validité est toujours transmise, d'une part en même temps que la fonction de transformation directe au satellite qu'elle concerne et, d'autre part, en même temps que la fonction inverse correspondante au récepteur d'utilisateur qui en a besoin dans la clef d'exploitation. Elle est appliquée par chaque satellite de navigation par référence au temps de son horloge propre.

Par ailleurs, chaque fonction de transformation inverse participant à la définition de la clef d'exploitation est avantageusement annoncée aux stations de service d'utilisateur avec un temps d'avance par rapport à son application aux signaux de localisation qui est optimisé pour permettre le transfert de l'information et son exploitation simultanée par le satellite et par les utilisateurs.

On expliquera maintenant comment, quand les services gestionnaires du système le jugent souhaitable (par exemple en temps de guerre contrairement à une disponibilité à tous en temps de paix), la fonction de transformation inverse actuelle T_i^{-1} est transmise seulement aux utilisateurs privilégiés autorisés et refusée aux autres utilisateurs.

Le statut d'utilisateur privilégié n'est donné à un utilisateur que pour la durée et le but de l'accomplissement d'une mission

déterminée, qui doit être déclarée et décrite à une station terrestre de services aux utilisateurs avant qu'il commence à utiliser le service. La mission doit ensuite être respectée pour qu'il conserve le statut d'utilisateur privilégié. La déclaration de mission contient
5 les informations telles que l'identité de l'utilisateur, le type de véhicule, le point de départ, la destination, la route prévue, des horaires de points intermédiaires, et la vitesse moyenne entre ces points, donc notamment les informations qui définissent un plan de route. Il est à noter toutefois que ce plan de route peut consister en
10 le maintien d'une position immobile que l'utilisateur ne doit pas quitter.

Une des caractéristiques particulières de l'invention est qu'elle permet de rendre le service GPS payable à la mission. Ceci peut être particulièrement intéressant pour les utilisateurs étant
15 donné que les clients professionnels ne paient que pour un service qui, de leur côté, génère des revenus.

Une fois qu'un utilisateur privilégié a déclaré une mission et que le service lui a été facturé, il obtient d'une station terrestre de services aux utilisateurs une autorisation initiale pour l'utilisation
20 du système. Cette autorisation initiale peut avantageusement être accompagnée d'un identificateur (un code qui désigne l'utilisateur pour les communications radio ou un signal d'appel) et un code de cryptage. La transmission du code de cryptage s'effectue soit directement entre un représentant de la station de services aux
25 utilisateurs et un représentant de l'utilisateur, soit par l'intermédiaire d'une carte à puce contenant le code qui peut être mise en place dans le récepteur. Cette transmission se produit au site de départ (par exemple auprès de la tour de contrôle d'un aéroport ou de la capitainerie d'un port).

30 Le code de cryptage sera utilisé pour certaines communications entre l'utilisateur privilégié et les stations terrestres de services aux utilisateurs de la manière décrite ci-après. Le code de cryptage est spécifique à chaque utilisateur et à chaque mission d'un utilisateur. Il est généré au hasard par la station terrestre de
35 services aux utilisateurs. Sa validité est limitée à l'accomplissement

de la mission, et aussi bien le code que l'identificateur ne sont plus d'aucun usage après l'accomplissement de la mission.

5 L'information sur l'utilisateur privilégié, sa mission, son identificateur et son code de cryptage, est envoyée par le réseau des communications terrestres sécurisées à toutes les stations terrestres de services aux utilisateurs qui auront à communiquer avec lui et à l'assister et/ou le surveiller dans sa navigation.

10 Au cours de l'accomplissement de la mission, le récepteur de l'utilisateur privilégié reçoit le signal des satellites de navigation en vue. Le récepteur d'utilisateur privilégié établit une communication radio avec la station terrestre de services la plus proche. Cette communication est faite de préférence par radio à courte portée pour éviter la saturation des fréquences de communication longue distance. Si cela n'est pas possible (par
15 exemple sur les océans), la communication est établie par l'intermédiaire de transpondeurs installés à bord de satellites géostationnaires ou sur toute autre plate-forme.

20 Le récepteur d'utilisateur privilégié envoie à intervalles réguliers à la station terrestre de services son identificateur et, pour chaque satellite en vue, les données brutes provenant du satellite et l'instant de réception, selon son horloge interne.

25 Du fait que la station de services connaît les fonctions de transformation inverses actuelles à l'instant de réception par l'utilisateur ainsi que celles qui étaient en vigueur dans le passé récent, elle peut calculer, à partir de ces données, la position exacte de l'utilisateur. Ceci suppose que l'horloge de l'utilisateur est synchronisée avec le temps de référence du système. Si cela n'est pas le cas, par exemple au début d'une mission, cette synchronisation s'établit après plusieurs étapes de la procédure et
30 elle reste ensuite correcte pour toute la mission.

La station terrestre de services aux utilisateurs qui détermine ainsi la position exacte de l'utilisateur privilégié connaît aussi son identité et sa mission. Elle vérifie alors que la position calculée est conforme à la mission déclarée.

Si la position de l'utilisateur ne correspond pas à la mission, l'utilisateur peut avoir besoin d'assistance pour revenir sur sa route. La station de services aux utilisateurs prend alors contact avec lui dans ce but par radio.

5 Si l'utilisateur ne se conforme pas aux instructions ou si les discordances relevées le rendent suspect d'un danger potentiel (par exemple pour des installations militaires si la station terrestre de services constate qu'il vole à une vitesse supersonique vers une installation militaire alors qu'il a déclaré être un avion de transport
10 subsonique), son statut d'utilisateur privilégié est révoqué. Dans certains cas critiques (par exemple détection d'une attaque par missiles utilisant le système), il est même possible d'envoyer des données falsifiées spécifiquement à cet utilisateur pour l'écarter de cibles potentielles.

15 Si la position de l'utilisateur reste fixe sans explication plausible ou si son émission en radio est interrompue de façon anormale, l'utilisateur peut être dans une situation critique. Un contact radio est alors tenté et une action de sauvetage est mise en oeuvre.

20 Quand il est constaté que l'utilisateur privilégié se conforme à sa mission, la station de services aux utilisateurs prépare un ensemble de données à lui adresser. Cet ensemble de données contient la clef d'exploitation des signaux de localisation, sous la forme des fonctions de transformation inverses
25 correspondant respectivement aux différents satellites se trouvant à portée de l'utilisateur, telles qu'elles sont applicables en fonction de leurs périodes de validité respectives.

La station de services crypte cet ensemble de données en utilisant le code de cryptage personnel qui a été fourni à l'utilisateur
30 au moment où il a été enregistré comme utilisateur privilégié. La station de services la plus proche de l'utilisateur privilégié au moment voulu lui transmet un message contenant l'identificateur de l'utilisateur privilégié et l'ensemble de données cryptées.

L'utilisateur privilégié reçoit l'ensemble de données, décrypte les fonctions de transformation inverses et les applique aux signaux qu'il reçoit des satellites. Les données résultantes sont les bases du calcul de la position courante de l'utilisateur (position dans l'espace et dans le temps), qui est réalisé selon les procédures GPS connues.

Comme pour tout système de navigation par satellites proposé à ce jour, la précision du système dépend de la configuration de la constellation de satellites dans le ciel, qui varie selon les éphémérides des satellites dans le temps. Cette précision décroît en outre en fonction de la latitude et d'obstacles locaux gênant la propagation du signal (par exemple, la précision disponible sur une piste d'atterrissage située au fond d'une vallée peut être médiocre du fait que peu de satellites sont en vue). La précision la meilleure qui peut être garantie aux utilisateurs à tout instant et sur tout le globe (à supposer que le signal soit disponible) est donc forcément très faible. Pour pouvoir garantir une bonne précision aux utilisateurs privilégiés, l'invention prévoit d'affecter une valeur de précision garantie à chaque lieu et à chaque instant auxquels cette valeur est spécifiquement appliquée.

Les stations de services aux utilisateurs ne sont en général pas distribuées uniformément, mais elles sont au contraire de préférence concentrées dans les zones à fort trafic. Ces zones sont également celles où des événements ou opérations critiques auront le plus de chances de se produire. Il est par conséquent avantageux de les équiper de moyens permettant d'améliorer la précision du système. Ceci peut être fait en appliquant la technique connue du GPS différentiel (avec lequel l'invention est totalement compatible) et en utilisant des équipements locaux de type connu (tels ceux d'un pseudolite), partagés dans un même réseau terrestre avec les stations de services aux utilisateurs et situés par exemple dans les grands ports ou aéroports. La précision résultante peut donc être rendue excellente aux alentours.

Les autorités de certification veillent à vérifier que la conception et le fonctionnement des systèmes de transport public sont sûrs pour les passagers et les populations au sol dans des

conditions de fonctionnement prédéfinies. Lorsque la sécurité dépend d'un paramètre partiellement aléatoire, la plus mauvaise des hypothèses est prise en compte. Par conséquent, si le système selon l'invention est utilisé pour des opérations de transport public, il est préférable de donner à chaque usager une garantie sur la précision appliquée à sa situation particulière plutôt qu'une garantie valable dans tous les cas, qui sera nécessairement médiocre. Rappelons ici qu'une garantie est de toutes manières impossible dans le système GPS existant puisque la disponibilité même du signal ne peut pas être garantie.

Avec le système selon l'invention, une garantie de précision peut n'être donnée à un utilisateur privilégié que sur une demande spécifique (ce service pouvant même être payant). L'utilisateur privilégié spécifie la durée pendant laquelle il aura besoin d'une garantie sur la précision minimale du système (qui lui sera accordée pourvu qu'il se conforme à sa mission déclarée). Cette durée couvre la durée des opérations critiques prévues.

La station terrestre de services aux utilisateurs qui reçoit la requête connaît la position et les intentions de l'utilisateur privilégié. Elle connaît la disposition actuelle de la constellation de satellites et la manière dont elle évoluera dans le futur proche. Elle connaît l'environnement dans lequel l'utilisateur va naviguer (obstacles terrestres). Elle connaît également le statut de fonctionnement de l'ensemble du système, et en particulier des systèmes locaux d'augmentation de la précision (opérationnelle ou en défaut). A partir de l'ensemble de ces données, la station peut fournir une prédiction fiable sur la précision minimale du système pendant la durée requise par l'utilisateur. On peut donc annoncer un degré de précision fiable sans avoir à émettre des hypothèses systématiquement défavorables.

L'association de la garantie de disponibilité du système de navigation pendant la durée des opérations à une estimation personnalisée de la précision minimale garantie rend possible une certification du système, même dans les conditions les plus strictes.

On décrira maintenant, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation particulier d'un système mettant en oeuvre l'invention, en faisant référence aux dessins schématiques annexés, qui font partie intégrante de la présente description et dans
5 lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, illustre un système de navigation par satellites du type de ceux connus dans l'état de la technique ;
- la figure 2 illustre les composantes d'un système sécurisé selon la présente invention ;
- 10 - les figures 3 à 7 montrent les étapes successives du protocole de transfert de données dans le système de la figure 2 ;
- la figure 8 représente une utilisation complémentaire du système de la figure 2 ;
- et la figure 9 rappelle sous une forme schématique les
15 moyens essentiels d'un système de navigation répondant à l'invention dans leurs relations fonctionnelles.

Le système représenté à la figure 2 diffère peu, dans ses grandes composantes matérielles, du système GPS conventionnel de la figure 1.

20 Le segment spatial est constitué d'une constellation de satellites 11, qui émettent les signaux de localisation sous le contrôle du segment terrestre. Le segment terrestre comprend une station maîtresse 12 et un ensemble d'autres stations de contrôle 14, qui sont en communication entre elles et avec la station
25 maîtresse par un réseau d'échange de données sécurisé 16. Le segment utilisateur comprend l'ensemble des récepteurs d'utilisateurs qui sont installés à bord de véhicules tels que l'aéronef 13 pour capter et exploiter les signaux de localisation leur parvenant du segment spatial.

30 Les stations terrestres autres que la station maîtresse 12 sont toutefois ici de deux types. Les stations 14 de contrôle de la constellation de satellites assurent de façon connue le relais entre la station maîtresse 12 et les différents satellites 11, en émettant vers ces derniers des signaux de contrôle dont ils déduisent les

signaux de localisation, à savoir essentiellement leurs paramètres d'orbite ainsi que des signaux de synchronisation.

D'autres stations terrestres constituent des stations dites de services aux utilisateurs (ou stations de services). Elles assurent un lien entre les récepteurs d'utilisateurs et le segment terrestre. Dans le cas de l'exemple préféré de réalisation choisi pour illustrer l'invention, les services rendus par leur intermédiaire aux utilisateurs comprennent un service d'aide à la navigation, un service de garantie de précision du calcul de leur position, un service en contrôle de l'environnement aérien.

Bien entendu, les stations terrestres de contrôle 14 et les stations terrestres de services 15 peuvent dans certains cas être physiquement associées.

Comme dans les systèmes conventionnels, on peut prévoir des satellites géostationnaires tels que 17, qui ont pour fonction d'améliorer la précision du système en mettant à disposition des utilisateurs des signaux de localisation et d'intégrité de l'ensemble du système qu'ils élaborent à partir de signaux captés directement d'une station terrestre avec laquelle ils restent en permanence en liaison. Ils permettent ainsi à l'utilisateur de connaître l'état opérationnel du système.

On a fait apparaître en outre des stations dites "pseudolites" 18. Les stations de ce genre sont également en elles-mêmes connues aux fins d'augmenter la précision des informations délivrées directement aux utilisateurs qui s'en approchent, en assurant un fonctionnement en mode dit "différentiel", leur position étant connue avec précision dans leur environnement immédiat.

Les équipements spécifiques à l'invention mettent en oeuvre le protocole de transfert de données réalisé conformément au procédé de l'invention, qui se déroule en ses étapes principales comme exposé ci-après à l'aide des figures 3 à 7.

Au cours de la première étape (figure 3), l'utilisateur 13bis s'appropriant à décoller d'un aéroport demandant l'accès aux services privilégiés du système déclare sa mission (objectif, plan de route,

23

délais à respecter) à une station terrestre de services aux utilisateurs 15 représentée associée à la tour de contrôle. Il est alors facturé, et il reçoit un code identificateur et un code de cryptage. On notera ici que la mission peut éventuellement demander à recevoir l'aval d'un service particulier, ou être déclarée par avance et/ou par l'intermédiaire d'un représentant habilité. Sa déclaration s'interprète, quand le système est en fonctionnement conformément au procédé de l'invention, comme une requête initiale signifiant que l'utilisateur entend bénéficier de son privilège d'accès aux services améliorés.

La station 15 ayant reçu cette requête initiale transmet les détails de la mission ainsi que l'identificateur et le code de cryptage, par l'intermédiaire du réseau terrestre sécurisé 16 d'échange de données, pour enregistrement par les autres stations de services 15 qui auront à communiquer avec l'utilisateur au cours de sa mission, c'est-à-dire celles qui auront à surveiller ses évolutions tout au long de son trajet dans la zone de couverture du système. Toutes vérifications souhaitées par le gestionnaire du système peuvent déjà être effectuées à ce stade, avant que l'utilisateur particulier soit considéré comme ayant droit au statut d'utilisateur privilégié.

Périodiquement (figure 4), mais à intervalles de temps variables, la station terrestre maîtresse 12 génère aléatoirement un ensemble de fonctions de transformation directes T_i qui sont destinées chacune individuellement à l'un des différents satellites 11 pour y être appliquées aux signaux de localisation que chacun respectivement met à disposition des récepteurs d'utilisateur. Ces fonctions de transformation sont adressées aux satellites respectifs par l'intermédiaire du réseau 16 et des stations terrestres de contrôle 14 appropriées.

Par ailleurs, les fonctions de transformation inverses des précédentes, que l'on désigne T_i^{-1} , sont également déterminées par la station maîtresse 12, et elles sont transmises, par l'intermédiaire du réseau 16, aux différentes stations terrestres de services 15. Dans les signaux de données transmis, respectivement aux satellites et aux récepteurs d'utilisateurs, les fonctions de transformation

directes et inverses sont associées à toutes indications utiles sur leur période de validité (horaires de début et fin en temps absolu).

Quand un utilisateur 13 souhaite obtenir des informations sur sa position (figure 5), il en émet la requête par un signal de requête à percevoir par les stations de services du réseau terrestre et il collecte par son récepteur les signaux de localisation codés par les fonctions de transformation T_i tels qu'ils sont émis par au moins quatre satellites 11 se trouvant à sa portée en transmission de données.

10 Dans le signal de requête, le récepteur d'utilisateur répète les signaux de localisation transformés qu'il a captés, ainsi que le temps de son horloge interne, à destination d'une station terrestre de services 15, en principe celle qui lui est la plus proche. Cette communication peut être réalisée par l'intermédiaire d'un transpondeur, qui porte ici la référence 17, étant supposé qu'il est
15 disposé sur un satellite géostationnaire.

La station terrestre de services 15 détermine la position de l'utilisateur 13 (figure 6), en utilisant pour cela toutes les fonctions de transformation inverses T_i^{-1} qui peuvent être nécessaires pour
20 exploiter les signaux ayant subi la transformation directe au niveau de chaque satellite impliqué. Les traitements de signaux effectués dans cette station fournissent les éléments de vérification que la position ainsi calculée est conforme à la mission de l'utilisateur, autrement dit que ce dernier est apte à conserver le statut
25 d'utilisateur privilégié qui lui a été accordé lors de sa déclaration de mission.

Sous réserve que la comparaison confirme que la mission est respectée à ce stade, ou du moins, en général, sous réserve que cette vérification soit positive en ce qui concerne le plan de route, la
30 station de services 15 (en général la même) adresse les fonctions de transformation inverses dont il a besoin au récepteur d'utilisateur 13, en utilisant le code de cryptage personnel de cet utilisateur. Comme pour les relations entre récepteur d'utilisateur et station terrestre dans l'autre sens, le transpondeur 17 peut être utilisé au
35 cours de cette étape.

Le récepteur d'utilisateur procède ensuite à une deuxième acquisition des signaux de localisation. En exploitant ces derniers connaissant désormais les fonctions de transformation inverses en vigueur, à tout le moins celles qui correspondent à l'inverse des
5 différentes fonctions qui ont été appliquées par les satellites dont il a capté les signaux de localisation, le récepteur détermine la position de l'utilisateur. Cette détermination de l'information de position restituée à l'utilisateur fait éventuellement intervenir des informations de localisation différentielle provenant de pseudolites
10 18.

Rappelons ici que les signaux traduisant les fonctions de transformation directes et inverses sont avantageusement traités de manière à prendre en compte les délais d'acheminement entre les éléments du système. La datation de la période de validité des
15 données concernant les fonctions de transformation fait référence au temps absolu du système à l'émission du signal depuis les satellites
11.

Comme montré à la figure 7, la station terrestre de services
15 peut également calculer des informations de précision tenant compte de la position de l'utilisateur 13 et d'éventuels obstacles 19 à la propagation des signaux de localisation. Ces informations sont communiquées à l'utilisateur, éventuellement par l'intermédiaire d'un transpondeur 17.
20

Enfin, comme montré à la figure 8, la station terrestre de services
25 peut prendre en compte les positions de plusieurs utilisateurs 13, 13' et communiquer à chacun la position des autres ainsi que des signaux d'alarme en cas de risque de collision. Cette fonction peut être associée au contrôle du trafic aérien.

Une dernière figure complétant la présente description
30 (figure 9) montre sous une autre forme les éléments essentiels du système de navigation suivant l'invention dans leurs relations mutuelles en transfert de données. On suppose bien entendu que tous les moyens de traitement des signaux sont constitués pour exécuter les opérations suivant des procédures par ailleurs en elles-

mêmes classiques, en ayant recours aux technologies de l'informatique.

Sur cette figure, les chiffres de référence utilisés précédemment ont été conservés. On retrouve donc le réseau de communication au sol 16, la station maîtresse 12, une station 14 de contrôle de la constellation de satellites, supposée d'ordre j , un satellite 11 supposé d'ordre i . Les principaux éléments spécifiques à l'invention sont évoqués d'une part par un récepteur d'utilisateur 13 d'ordre h , d'autre part par une station de services aux utilisateurs 15, supposée d'ordre e .

Comme il est en soi classique, chaque satellite 11 suit une orbite autour de la Terre qui lui est propre et qui se traduit par des paramètres d'orbite qui sont déterminés, au sol, par les stations de contrôle terrestres 14 retransmettant les données calculées au niveau de la station maîtresse 12 (ligne 31), et il émet des signaux de localisation 32 qui contiennent les données caractéristiques de sa position spatiale et du temps par rapport à un référentiel absolu.

Au niveau du récepteur d'utilisateur 13 d'ordre h (13 h), on a symbolisé différentes unités de traitement de signaux regroupant les moyens qu'il comporte. Une première unité, ou unité d'acquisition 21, comporte tous moyens utiles pour capter et assurer une mise en forme des signaux de localisation reçus. Une autre unité constitue l'unité d'émission de requête 22 ; elle reçoit les signaux de l'unité de d'acquisition 21 et élabore le signal à retenir en signal de requête 23 pour transmission au réseau terrestre. Les mêmes informations sont transmises à une unité 25, également intégrée dans les moyens propres au récepteur d'utilisateur, qui a pour fonction de calculer la position de l'utilisateur à l'instant considéré. Elle produit un signal 26 disponible pour affichage de la position de l'utilisateur ou pour être autrement exploité par les autres équipements présents à bord de l'aéronef.

Conformément à l'invention, les calculs à effectuer dans l'unité 25 impliquent la connaissance d'une clef d'exploitation des signaux de localisation à recevoir d'une station de services aux utilisateurs au réseau terrestre en réponse à l'appel de la requête.

Au niveau de la station de services 15 d'ordre e (15e), le système comporte, dans une unité de réception 29, les moyens pour enregistrer le signal de requête 23 reçu du récepteur d'utilisateur 13h, y compris en les informations recopiées qu'il véhicule
5 concernant les références de temps et les signaux de localisation acquis par lui. Le signal de sortie de cette unité de réception de requête 29 est transmis à une unité de calcul 28 dans laquelle s'effectue la vérification du statut d'utilisateur privilégié, essentiellement par comparaison des données communiquées par le
10 signal de requête avec les données de la mission propre à l'utilisateur considéré qui ont été préalablement enregistrées à partir des informations transmises par le réseau 16.

Le signal issu de l'unité de calcul 28 est transmis à une autre unité de calcul 30 de la même station de services 15e, qui
15 élabore la clef d'exploitation requise par le récepteur d'utilisateur et l'émet (33) à destination de ce dernier, sous réserve bien entendu que la vérification de son statut d'utilisateur privilégié ait fourni un résultat favorable. Cette clef nécessaire à l'exploitation des signaux de localisation est essentiellement représentée par les fonctions de
20 transformation inverse T_i^{-1} appliquées par les satellites (au moins pour ceux dont les signaux de localisation sont accessibles au récepteur d'utilisateur considéré), traitées grâce aux données de cryptage et accompagnées de l'identificateur propres à l'utilisateur, ainsi que toutes indications sur la précision des informations et la
25 présence éventuelle d'autres utilisateurs à proximité immédiate.

Cette clef d'exploitation 33 constitue en quelque sorte une autorisation d'accès, dans la mesure où elle donne à l'utilisateur la capacité d'utiliser le système de navigation avec les qualités de service, notamment en degré de précision de la position calculée,
30 qui sont accordées aux utilisateurs privilégiés. Elle est enregistrée par le récepteur d'utilisateur dans une unité de réception 27.

Là peut être effectuée, avant transmission à l'unité 25 de calcul de la position, une vérification d'authenticité ou d'intégrité du code reçu. Il s'agira, par exemple, de faire reconnaître par le
35 récepteur utilisateur réalisant la transformation inverse si le signal reçu d'un satellite déterminé comporte correctement un fragment

spécifique, tel qu'il doit y être présent (en plus de la partie du signal véhiculant les informations de localisation ayant subi la transformation) pour y avoir été ajouté, au niveau du satellite, par recopie du même fragment à partir des signaux de contrôle reçus par ce satellite, en accompagnement de ceux lui transmettant la fonction de transformation directe générée par la station maîtresse. Le cas échéant, cette authentification peut aussi faire intervenir le code de cryptage propre au récepteur d'utilisateur, celui qui lui a été assigné lors de sa déclaration mission et qui peut être utilisé, au niveau de la station de services avec laquelle il est en communication, pour crypter la clef d'exploitation ainsi que le fragment de signal spécifique retransmis sans inversion en accompagnement des fonctions de transformation inverses également générées par la station maîtresse.

L'ensemble de la description qui précède confirme que l'invention permet d'atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés, alors même qu'elle ne se limite pas aux exemples et variantes qui ont été plus spécialement considérés. On aura compris en particulier comment le système suivant l'invention permet que les utilisateurs en ayant acquitté le prix soient assurés de disposer en permanence de signaux de localisation authentiques, délivrés sur demande avec une précision personnalisée et garantie, et d'être en option avertis quand la trajectoire d'autres utilisateurs présente un danger potentiel.

REVENDICATIONS

1. Procédé de localisation par satellites, à partir de signaux de localisation qui sont émis par les différents satellites d'une constellation de satellites (11) en orbite autour de la Terre, sous le contrôle d'un ensemble de stations terrestres dont ils reçoivent des signaux de contrôle, ces signaux de localisation étant disponibles pour être captés par des récepteurs d'utilisateur, procédé caractérisé par le fait qu'il consiste essentiellement :

- 5 - à émettre depuis ledit ensemble de stations terrestres des fonctions de transformation directes, périodiquement renouvelées, respectivement adressées à chacun des satellites, et faire appliquer par chaque satellite la fonction de transformation directe qu'il reçoit pour coder sous forme transformée le signal de localisation qu'il émet ;
- 10 - et, à chaque requête d'un récepteur d'utilisateur adressée à une station terrestre de services aux utilisateurs (15), à vérifier que l'utilisateur possède un statut d'utilisateur privilégié et, dans le cas où la vérification est positive, adresser audit récepteur d'utilisateur les fonctions de transformation inverses des
- 15 fonctions de transformation directes appliquées par les satellites dont il capte les signaux de localisation, en tant que
- 20 clef d'exploitation lui permettant l'exploitation desdits signaux grâce à un décodage appliquant lesdites fonctions inverses.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé

- 25 - en ce qu'il comprend une étape préalable d'enregistrement d'une déclaration de mission comprenant un plan de route à suivre par l'utilisateur,
- en ce que chaque requête d'un récepteur d'utilisateur appelant à se faire communiquer la clef d'exploitation inclut une copie
- 30 des derniers signaux de localisation codés qu'il a perçus des satellites,

- 5 - et en ce que la vérification du statut d'utilisateur privilégié comprend les sous-étapes consistant à décoder lesdits signaux de localisation codés inclus dans la requête, à en déduire la position du récepteur, et à vérifier que cette position est conforme au plan de route.

10 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, comprenant une étape préalable consistant à fournir un identificateur à l'utilisateur lors d'une déclaration de mission par cet utilisateur et dans lequel ledit identificateur est diffusé à différentes stations de services aux utilisateurs auprès desquelles ledit récepteur d'utilisateur est susceptible d'adresser une requête d'appel à recevoir la clef d'exploitation.

15 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant l'étape préalable consistant à fournir un code de cryptage à l'utilisateur lors d'une déclaration de mission par cet utilisateur et dans lequel la station terrestre de services aux utilisateurs recevant ladite requête utilise ledit code de cryptage pour envoyer la clef d'exploitation au récepteur d'utilisateur.

20 5. Procédé suivant la revendication 4, dans lequel ledit code de cryptage est utilisé pour une authentification effectuée par le récepteur d'utilisateur privilégié par comparaison entre le signal porteur de la clef d'exploitation reçu de la station de services aux utilisateurs en réponse à ladite requête et ledit code de cryptage, ce dernier étant connu de l'utilisateur privilégié.

25 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre une étape préalable de facturation de l'utilisateur bénéficiant du statut d'utilisateur privilégié.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, pour assurer une vérification d'authenticité et

5 d'intégrité des signaux de localisation exploités, il est effectué par le récepteur d'utilisateur privilégié une comparaison entre les signaux reçus des satellites et les signaux reçus de la station de services traitant ladite requête, pour y vérifier la présence d'un même fragment spécifique accompagnant respectivement le signal de localisation émis par chaque satellite et la clef d'exploitation adressée au récepteur d'utilisateur en réponse à sa requête.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant en outre les étapes consistant à :

- 10 - inclure dans chaque requête appelant la clef d'exploitation émise par ledit récepteur d'utilisateur privilégié une copie des derniers signaux de localisation reçus par ledit récepteur, sous leur forme transformée,
- 15 - faire décoder les signaux de localisation transformés inclus dans la requête au niveau des stations terrestres et en déduire la position dudit récepteur,
- calculer un degré de précision desdits signaux de localisation en fonction de cette position et/ou de l'état opérationnel du système,
- 20 - et adresser audit récepteur l'information du degré de précision ainsi calculé.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel :

- 25 - chaque requête émanant d'une pluralité de récepteurs d'utilisateurs inclut une copie des derniers signaux de localisation codés reçus par les récepteurs,
- et le procédé comprend en outre les étapes consistant à décoder les signaux de localisation transformés inclus dans chaque requête et en déduire les positions des différents
- 30 récepteurs correspondants,

- et à adresser à au moins certains desdits récepteurs d'utilisateurs des informations de position concernant d'autres utilisateurs parmi ladite pluralité.

5 **10.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel :

- chaque requête émanant d'une pluralité de récepteurs d'utilisateurs inclut une copie des derniers signaux de localisation codés reçus par les récepteurs,
- 10 - et le procédé comprend en outre les étapes consistant à décoder les signaux de localisation transformés inclus dans chaque requête d'utilisation et en déduire les positions des différents récepteurs correspondants,
- 15 - et à adresser à un service de contrôle de trafic des informations de position concernant la position d'au moins certains desdits récepteurs d'utilisateurs parmi ladite pluralité.

20 **11.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, suivant lequel une clef d'exploitation de base est délivrée à tout utilisateur ayant droit au moins à un premier degré de précision dans l'exploitation des signaux de localisation, et une
20 clef d'exploitation complémentaire livrant accès à une qualité de service de niveau supérieur, notamment par un meilleur degré de précision, est réservée aux utilisateurs bénéficiant d'un second privilège.

25 **12.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que chaque fonction de transformation participant à la définition de la clef d'exploitation est annoncée aux stations de service d'utilisateur avec un temps d'avance par rapport à son application aux signaux de localisation émis par le satellite correspondant.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le signal de requête de la clef d'exploitation émis par le récepteur d'utilisateur à destination d'une station de services comprend une copie des signaux de localisation émis par une pluralité de satellites tels que captés par ledit récepteur d'utilisateur, et en ce que les signaux ainsi recopiés sont traités par ladite stations de services en leur appliquant ladite clef d'exploitation, celle-ci leur étant connue, de manière à déterminer notamment la position dudit récepteur d'utilisateur aux fins de reconnaissance du statut d'utilisateur privilégié ou de tout autre surveillance.

14. Procédé selon la revendication 13, comprenant en outre les étapes consistant à acquérir de nouveau, par le récepteur d'utilisateur privilégié, des signaux de localisation depuis ladite pluralité de satellites après réception de ladite clef d'exploitation, matérialisée par l'ensemble des fonctions de transformation inverse pertinentes, et à faire appliquer ces dernières aux signaux de localisation nouvellement acquis et en déduire une nouvelle information de position, de manière à éviter que le déplacement du récepteur pendant le temps de propagation des signaux et de traitement de la requête ne vienne diminuer la précision de l'information de position.

15. Système de localisation par satellites dans un système sécurisé d'aide à la navigation, comprenant :

25 une constellation de satellites (11) en orbite autour de la Terre, comportant chacun des moyens d'émission de signaux de localisation déduits de signaux de contrôle qu'ils reçoivent d'un ensemble de stations terrestres (14) également en communication entre elles,

30 caractérisé en ce que, pour au moins un récepteur d'utilisateur (13) comportant des moyens d'acquisition (21) desdits signaux de localisation en vue de leur exploitation pour le calcul d'une information de position, ledit récepteur d'utilisateur comprend

5 en outre des moyens d'émission (22) pour émettre, à destination de l'ensemble de stations terrestres, un signal de requête (23) appelant à recevoir une clef d'exploitation qui lui est nécessaire pour bénéficier d'un privilège d'exploitation desdits signaux de localisation réservé à des utilisateurs privilégiés,

10 en ce que ledit ensemble de stations terrestres comporte au moins une station de services aux utilisateurs (15e) comportant des moyens de réception (29) pour recevoir ladite requête, des moyens de calcul (28) pour vérifier, à partir de ladite requête, si l'utilisateur possède un statut d'utilisateur privilégié lui donnant droit audit privilège, et des moyens d'émission (30) pour, dans le cas où la vérification est positive, déterminer et adresser audit récepteur ladite clef d'exploitation (33).

15 16. Système de localisation suivant la revendication 15, caractérisé en ce que chaque récepteur d'utilisateur privilégié (13h) comprend en outre des moyens (27) de réception de ladite clef d'exploitation que lui adresse ladite station de services (15e) en réponse à sa requête et des moyens de calcul (25) pour combiner lesdits signaux de localisation (32) avec ladite clef d'exploitation pour en déduire ladite information de position (26).

20

25 17. Système de localisation suivant la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que ladite clef d'exploitation est constituée par des fonctions de transformation déterminées inverses de fonctions de transformation directes qui sont appliquées respectivement par les différents satellites à la portée dudit récepteur d'utilisateur pour l'émission des signaux de localisation correspondants.

30 18. Système de localisation suivant la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comporte, au niveau d'une station maîtresse (12) parmi l'ensemble de stations de contrôle de la constellation de satellites :



- des moyens (12, 16, 14j) pour générer les fonctions de transformation directes (T_i) à appliquer par les satellites dans l'élaboration des signaux de localisation et les adresser (31) différents satellites auxquels elles sont respectivement destinées, en plus des signaux de contrôle usuels que sont notamment leurs paramètres d'orbite et des informations de synchronisation,
 - ainsi que des moyens pour calculer les fonctions de transformation inverses des précédentes (T_i^{-1}) et pour les diffuser aux différentes stations de services aux utilisateurs (15e) que peut comporter le système, aux fins d'élaboration et transmission de la clef d'exploitation nécessaire à chaque utilisateur qui présente requête à cet effet, sous réserve de la vérification qu'il ait droit au statut d'utilisateur privilégié.
- 15 **19.** Récepteur d'utilisateur pour utilisation dans un système de navigation par satellites permettant, conformément au procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 14 de réserver un privilège d'accès à des utilisateurs privilégiés dans au moins une zone géographique couverte par le système,
- 20 caractérisé par le fait qu'en plus de moyens d'acquisition (21) de signaux de localisation depuis une pluralité de satellites à sa portée (11), il comporte des moyens d'émission (22) pour émettre, à destination d'une station terrestre de services aux utilisateurs (15h), un signal de requête (23) appelant une clef d'exploitation desdits signaux de localisation, ladite clef se matérialisant par des fonctions de transformation (T_i^{-1}) inverses de fonctions de transformation directes (T_i) appliquées respectivement par les différents satellites à sa portée pour l'émission des signaux de localisation correspondants,
- 25
- 30 et en qu'il comporte en outre des moyens de calcul (25) pour traiter lesdits signaux de localisation ayant subi les fonctions de transformation directes en leur appliquant les fonctions inverses correspondantes (T_i^{-1}) de ladite clef d'exploitation une fois

reçue et pour en déduire une information de position (26)
obtenue par exploitation desdits signaux de localisation.

- 5 **20.** Récepteur d'utilisateur suivant la revendication 19,
caractérisé en ce qu'il est construit de manière à renouveler
automatiquement l'envoi dudit signal de requête (23) sous une
périodicité prédéterminée.

PAR PROCURATION

10



Cabinet THIBON-LITTAYE
11 rue de l'Etang
78160 MARLY LE ROI

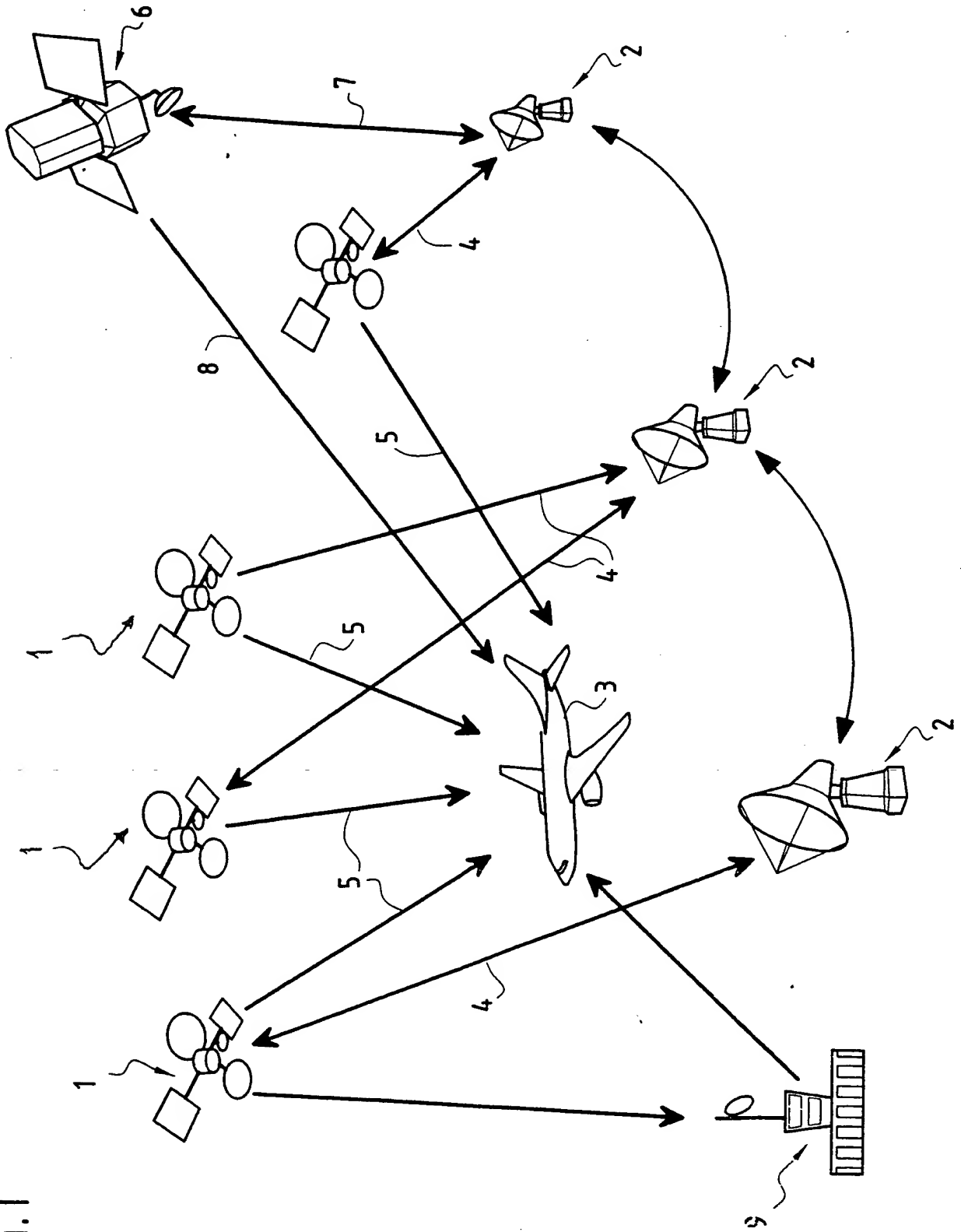


FIG.2

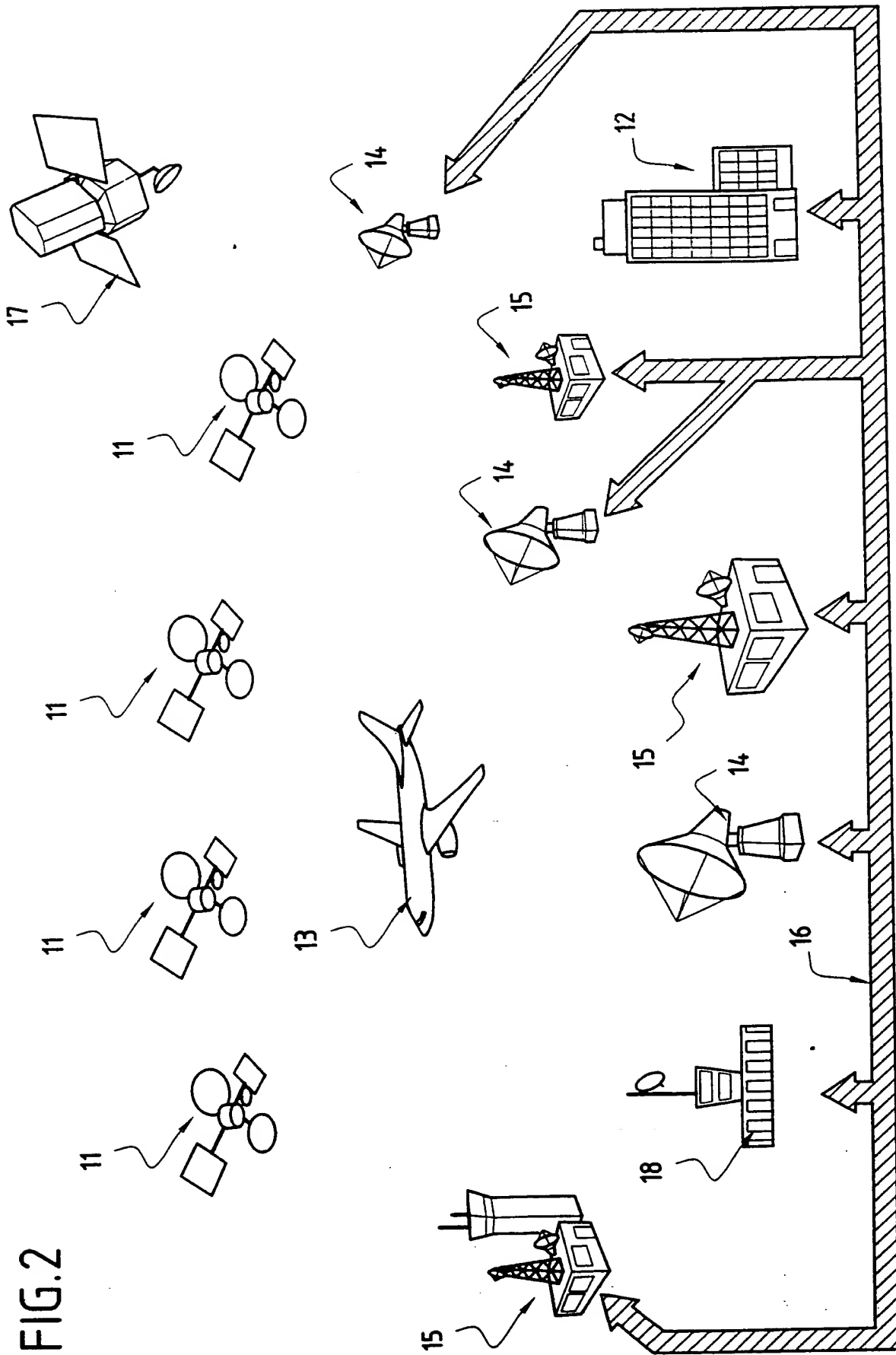
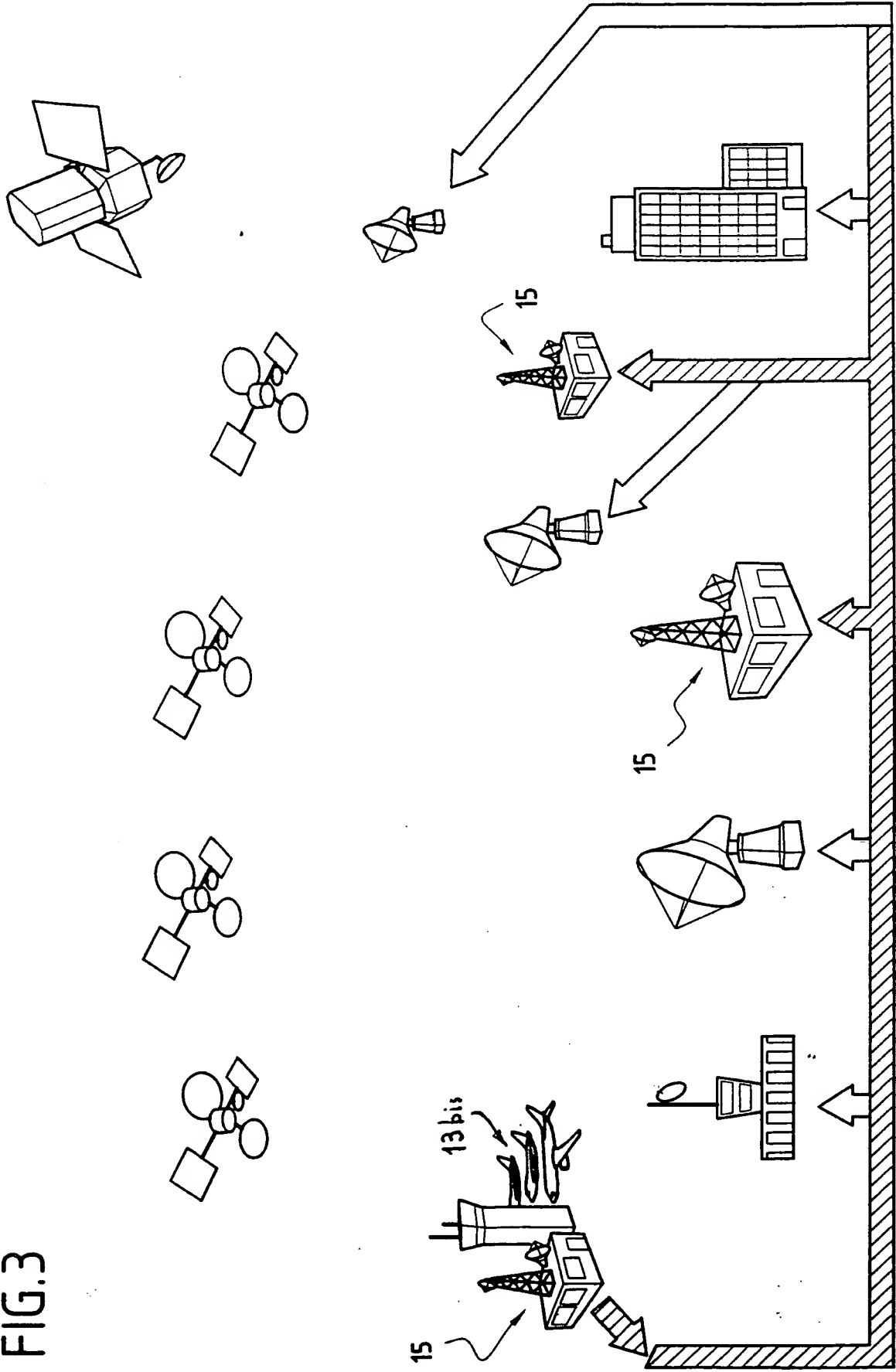


FIG.3



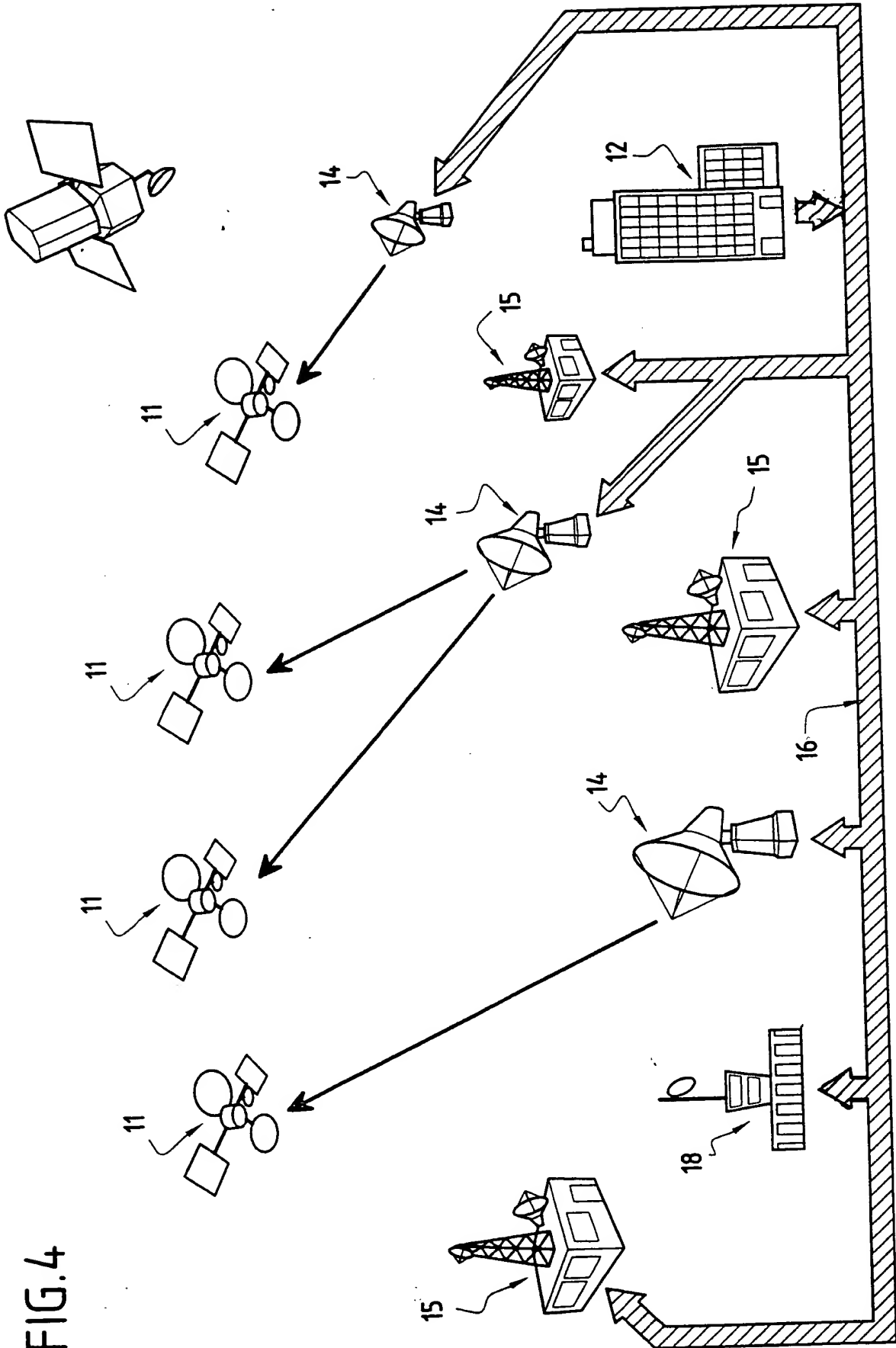
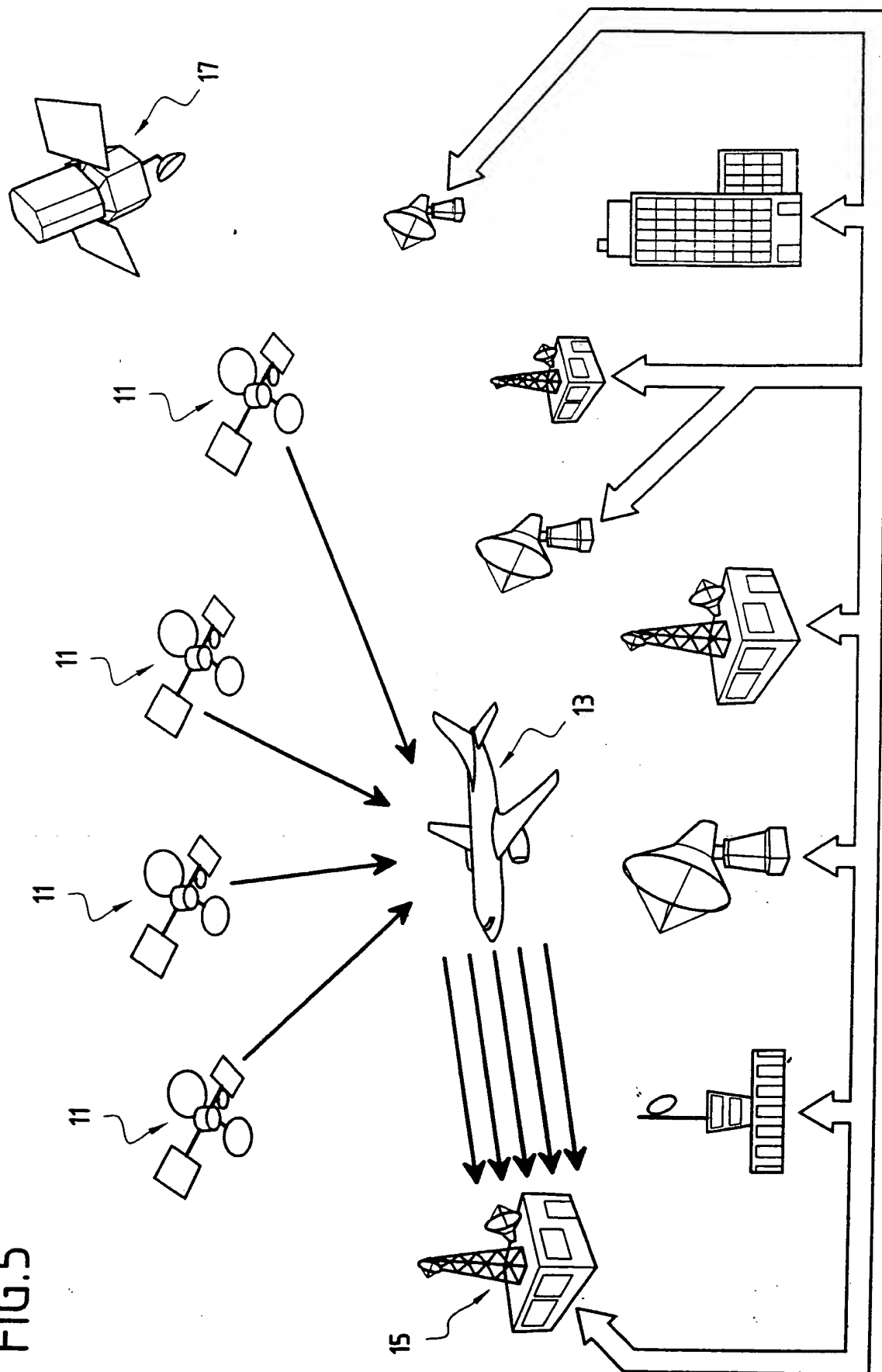


FIG. 4

FIG. 5



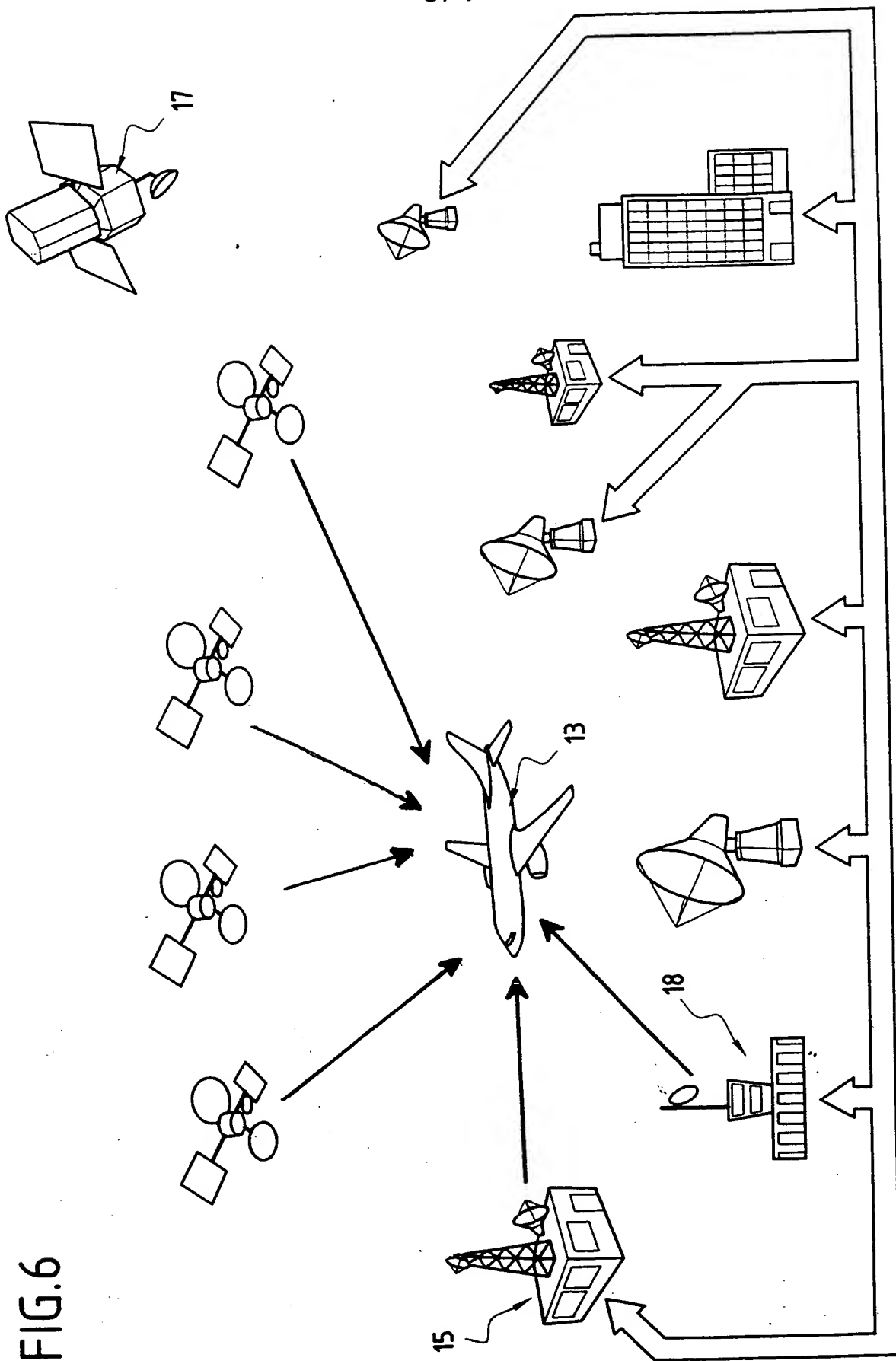
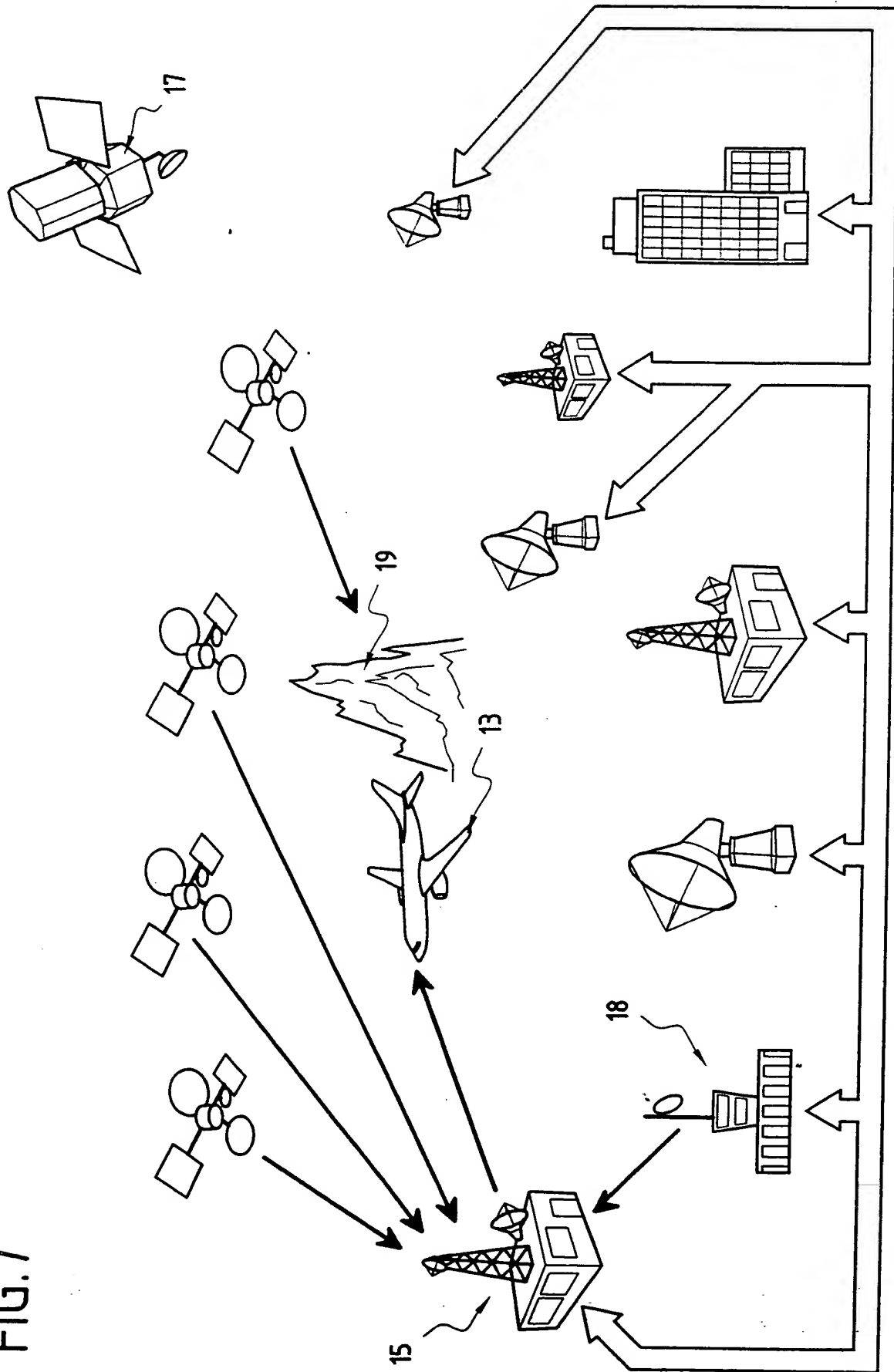


FIG. 7



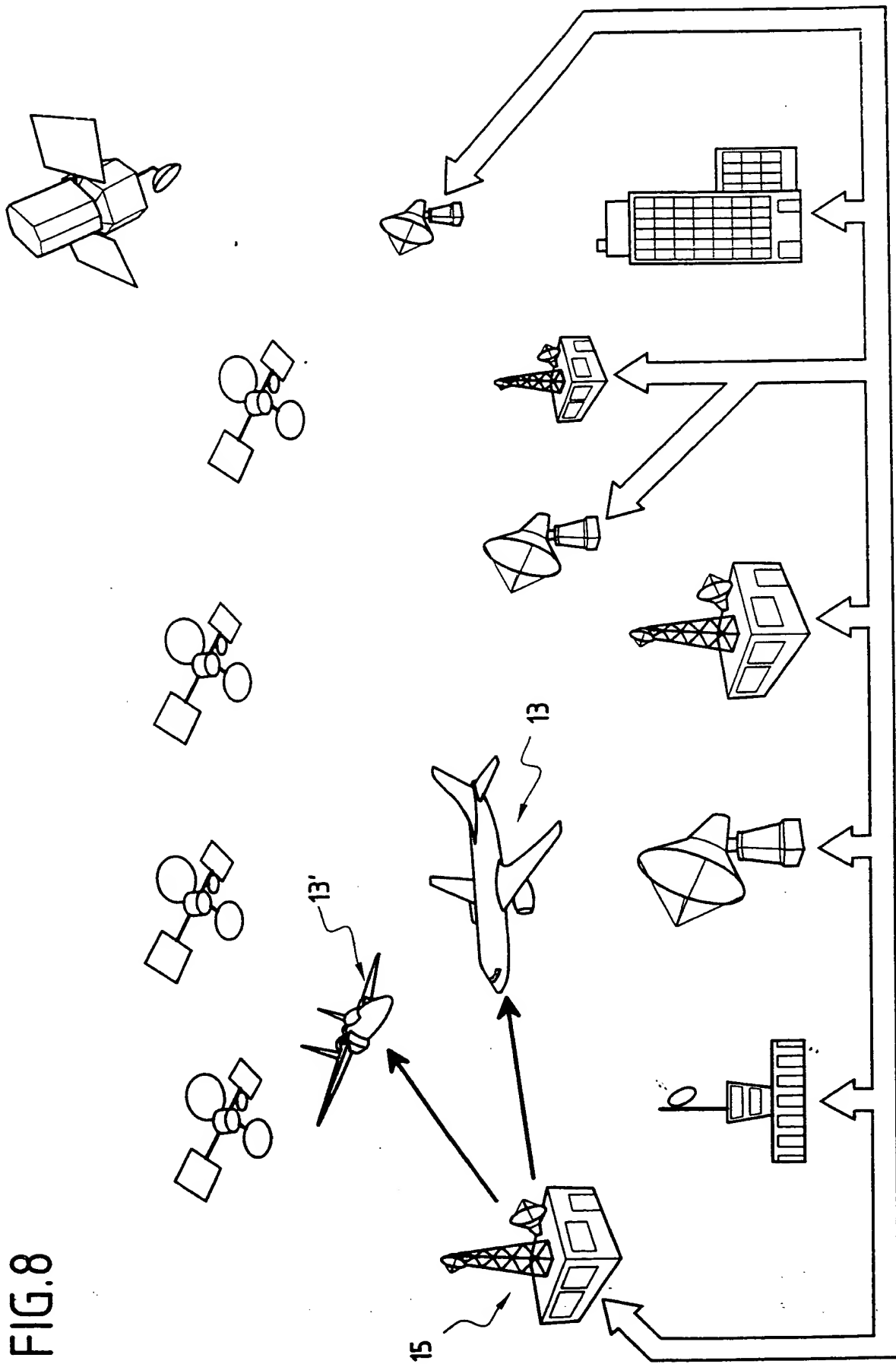


FIG.8

FIG. 9

